XÁC ĐỊNH MỨC TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG VÀ THỜI GIAN SẤY TRONG THIẾT BỊ SẤY KIỂU TRỐNG SỬ DỤNG PHỐI HỢP NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

Đỗ Minh Cường[1,*], Lê Văn Quốc[1], Nguyễn Văn Liêu[1]

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả lắp đặt và thử nghiệm một thiết bị sấy lai phối hợp năng lượng mặt trời với năng lượng điện. Thiết bị có kết cấu buồng sấy kiểu lồng quay, cấp nhiệt cho quá trình sấy nhờ bộ thu nhiệt mặt trời và và bộ gia nhiệt trở điện, thiết bị có thể tự động điều khiển nhiệt độ sấy theo cài đặt nhờ hệ thống điều khiển nhiệt độ. Ba thí nghiệm được thực hiện để sấy rau má, nhiệt độ tại buồng sấy và biến thiên độ ẩm của rau trong quá trình sấy, thời gian sấy và chi phí năng lượng được xác định. Kết quả cho thấy, thời gian sấy và tiêu hao điện năng cho sấy 10 kg rau má từ độ ẩm 88% xuống 6% khi sử dụng nhiệt cho quá trình sấy từ năng lượng điện, năng lượng mặt trời phối hợp năng lượng điện và năng lượng mặt trời là 7,0, 6,5, và 10,5 giờ; và 14,2, 8,1, 2,1 kWh. Hệ thống sấy phối hợp năng lượng mặt trời và năng lượng điện cho phép giảm lượng điện tiêu thụ đến 43% so với sấy với năng lượng điện. Trong khi, sấy với năng lượng mặt trời cần thời gian sấy dài hơn, tuy nhiên năng lượng điện tiêu thụ chỉ chiếm 15% so với sấy điện. Kết quả này thể hiện ưu thế của thiết bị sấy phối hợp năng lượng mặt trời và năng lương điện bán tự động, như sự lựa chọn của người sử dụng để sấy nhiều loại sản phẩm có nhiệt độ và thời gian sấy phù hợp nhằm đảm bảo tính kinh tế, chất lượng và môi trường trong điều kiện số giờ nắng cao như ở miền Trung, Việt Nam.

Từ khoá: *Arduino, sấy năng lượng mặt trời, rau má, thiết bị sấy lai.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Năng lượng mặt trời là dạng năng lượng sạch, miễn phí và vô tận. Công nghệ ứng dụng nhiệt mặt trời khá đơn giản, rẻ và thân thiện với môi trường, phù hợp với nhiều mục đích trong sản xuất nông nghiệp. Nguồn năng lượng mặt trời đã được sử dụng từ lâu như một giải pháp để đảm bảo an ninh năng lượng trong khi các nguồn năng lượng khác đang ngày càng cạn kiệt.

Ở nước ta, theo Phong (2008), thời gian chiếu sáng trung bình năm là 300 ngày, với cường độ nắng trung bình đạt 5kWh.m^{-2}/ngày (Dung, 2009). Đây là lợi thế để phát triển và khai thác năng lượng mặt trời, đặc biệt ứng dụng trong phơi sấy nông sản.

Đã có nhiều kiểu loại thiết bị sấy năng lượng mặt trời được nghiên cứu thiết kế và thử nghiệm. Dựa trên kết cấu của nó có thể phân thành ba loại: thiết bị sấy gián tiếp, trực tiếp và hỗn hợp (Shaikh, 2015) với hai dạng tác nhân sấy đối lưu tự nhiên hay đối lưu cưỡng bức. Sử dụng thiết bị sấy chủ động đối lưu cưỡng bức có thể tối ưu nhiệt độ và tốc độ tác nhân sấy, điều khiển được quá trình sấy trong một dãi rộng, rút ngắn thời gian sấy đến 50% so với phơi nắng tự nhiên (Bala và Debnath, 2012). Nhược điểm của hệ thống sấy năng lượng mặt trời là phụ thuộc vào thời tiết, thời gian sấy ngắn hơn khi điều kiện nắng tốt hơn, nhiệt độ tác nhân sấy biến thiên theo cường độ nắng, đây cũng là yếu tố làm hạn chế sử dụng thiết bị sấy này. (Emérita và cs, 2019).

Một phương pháp để khắc phục các nhược điểm trên là sử dụng các thiết bị sấy năng lượng mặt trời kiểu sấy lai với nhiều nguồn cấp nhiệt bổ sung để luôn đảm bảo nhiệt độ tác nhân sấy phù hợp. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện sử dụng các dạng cấp nhiệt bổ sung từ điện, sinh khối hoặc dầu mỏ để đảm bảo nhiệt độ sấy cho thiết bị sấy năng lượng mặt trời (Emérita và cs, 2019; Hamdani và Muhammad, 2018). Kết quả cho thấy rằng, hiệu suất và sự đồng nhất của quá trình sấy cao hơn khi cấp nhiệt bổ sung, thời gian sấy giảm so với phương pháp phơi nắng tự nhiên hoặc một số phương pháp sấy nhân tạo khác (Ferreiraa và cs, 2007).

Phương pháp sấy chỉ sử dụng nhiệt năng lượng mặt trời để làm nóng tác nhân sấy mà khó có thể

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
Email: dominhcuong@huaf.edu.vn

khống chế nhiệt độ của nó. Các hệ thống sấy lai với các nguồn năng lượng hỗ trợ như: lò đốt nhiên liệu, hơi nước, điện,… trong đó, hệ thống sấy lai kết hợp năng lượng mặt trời với năng lượng điện có kết cấu đơn giản, dễ điều khiển nhiệt độ sấy theo yêu cầu công nghệ phù hợp đối với từng loại vật liệu sấy có thể là sự lựa chọn phù hợp để giảm chi phí sấy (so với các thiết bị sấy khác), nâng cao chất lượng sản phẩm sau sấy nhờ việc điều khiển được quá trình sấy.

Cây rau má (*Centella asiatica* (L.)), là loại cây thảo dược có giá trị (Nattapon và Keerati, 2013; Aminul, 2016). Hai dạng sản phẩm được sử dụng phổ biến là rau má tươi dùng làm rau trong các bữa ăn gia đình và rau má khô để có thể chế biến thành các thực phẩm hay đồ uống khác từ rau má. Vì vậy, sấy khô rau má cần được quan tâm.

Nhiều nghiên cứu về sấy rau má đã được thực hiện. Sukanya và cs (2020) đã nghiên cứu ảnh hưởng của chất lượng rau má khi sấy nhiệt độ sấy 60, 70, 80 ^{o}C và đã kết luận rằng, nhiệt độ sấy tối ưu và thời gian sấy là 60 ^{o}C với thời gian sấy 10 giờ. Đức và cs (2019) đã sử dụng bốn phương pháp sấy: sấy bơm nhiệt, sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại, sấy không khí nóng, sấy không khí nóng kết hợp hồng ngoại ở nhiệt độ sấy 45^{o}C, kết quả đã xác định được phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại là phù hợp nhất cho sấy rau má. Minh (2014) đã kết luận rằng nhiệt độ sấy tối ưu cho rau má đã chần là 75,7 ^{o}C và thời gian sấy là 3,47 giờ.

Trong nghiên cứu này, hệ thống sấy lai năng lượng mặt trời kết hợp điện bán tự động đã được nghiên cứu phát triển và thử nghiệm để sấy rau má. Biến thiên nhiệt độ, độ ẩm và chi phí năng lượng điện và thời gian sấy đã được xác định và phân tích để tiếp tục khẳng định ưu điểm của hệ thống sấy năng lượng mặt trời.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1 Vật liệu thí nghiệm

30kg rau má tươi được thu gom từ vùng trồng rau má tại xã Quảng Thọ, huyện Quảng Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế. Rau má làm sạch và để ráo nước và sẽ được sấy khô từ độ ẩm 88% xuống còn 6% (hình 1).

a) b)

Hình 1. a) Hình ảnh chuẩn bị rau má tươi, và b) Rau má sau khi sấy khô.

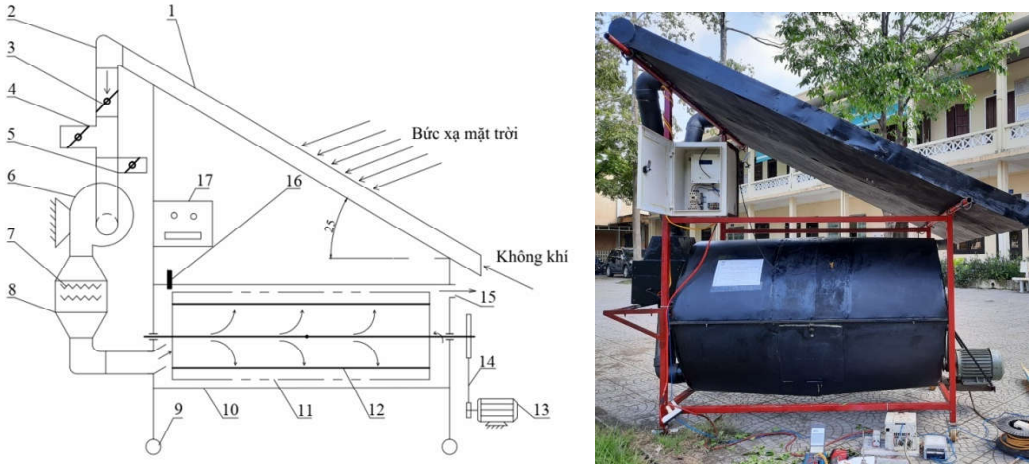
2.1.2. Thiết bị và dụng cụ thí nghiệm

Thiết bị sấy phối hợp năng lượng mặt trời và năng lượng điện đối lưu cưỡng bức kiểu trống, bán tự động được thiết kế, chế tạo (hình 2).

Thiết bị sấy gồm: bộ thu phẳng (1) diện tích 4,1m^2 được chế tạo từ các vật liệu sẵn có gồm khung thép V, cách nhiệt tấm xốp dày 50 mm, tấm hấp thụ sử dụng tôn sống V sơn đen, tấm đậy trong suốt dùng nilong dày 0,3mm, đây là vật liệu rẻ tiền và dễ kiếm, không nứt vỡ do thiết bị sấy cơ động và dễ thay thế.

Buồng sấy (10) có dung tích 954 lít được chế tạo với tấm cách nhiệt túi khí dày 4mm, vỏ làm bằng tôn sơn đen. Buồng sấy có cửa nạp và dỡ liệu. Trong buồng sấy bố trí lồng chứa liệu (11) được làm từ lưới thép đục lỗ, được quay 12 vg/ph nhờ động cơ điện (13) qua bộ truyền đai (14). Thanh đảo vật liệu (13) gắn vào khung của lồng chứa liệu để đảo vật liệu trong

quá trình sấy. Thiết bị có bánh xe (9) để tiện di chuyển trong quá trình làm việc. Khí ẩm được thải ra môi trường qua cửa thoát ẩm (15).



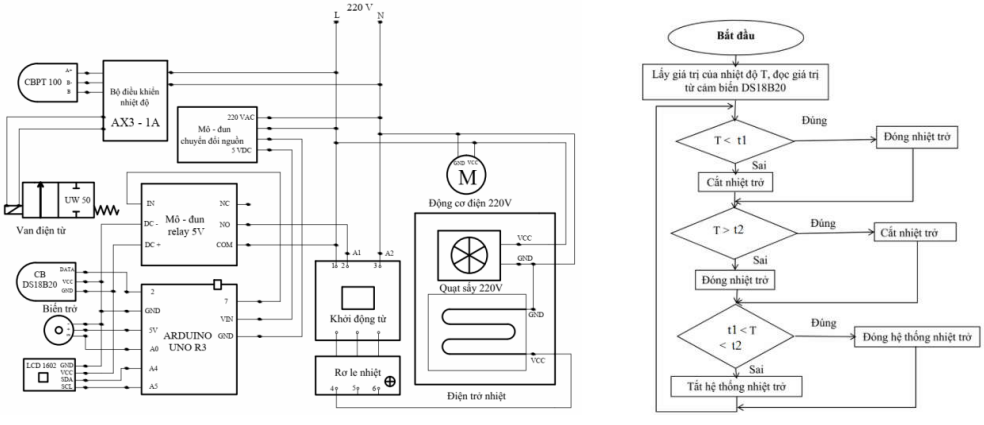
a) b)

Hình 2. Sơ đồ cấu tạo và hình ảnh thiết bị sấy.

a) Sơ đồ cấu tạo; b) Hình ảnh thiết bị sấy.

1. Bộ thu nhiệt; 2. Kênh dẫn khí nóng; 3, 4, 5. Van; 6. Quạt; 7. Nhiệt trở; 8. Buồng hoà khí; 9. Bánh xe; 10. Buồng sấy; 11. Lồng chứa liệu; 12. Thanh đảo vật liệu; 13. Động cơ điện; 14. Truyền động đai; 15. Cửa thoát ẩm; 16. Cảm biến nhiệt; 17. Hệ thống điều khiển.

Các van (3), van (4) điều chỉnh bằng tay và van điện từ 2/2 thường đóng (5) (D60mm - 220VAC, hãng UNID- Đài Loan) để thay đổi chế độ dẫn khí khi sấy với các phương pháp cấp nhiệt khác nhau. Sử dụng bộ điều khiển nhiệt độ Hanyoung AX3 và cảm biến PT100 để điều khiển van điện từ. Khi sấy năng lượng mặt trời, van điện từ (5) sẽ tự động điều chỉnh đóng mở van để điều hoà nhiệt độ không khí trong buồng sấy, tránh hiện tượng tác nhân sấy có nhiệt độ quá cao (do cường độ bức xạ mặt trời quá lớn) làm ảnh hưởng đến chất lượng vật sấy.



a) b)

Hình 3. Sơ đồ hệ thống điện và lưu đồ thuật toán điều khiển

a) Sơ đồ hệ thống điện; b) Lưu đồ thuật toán điều khiển nhiệt độ sấy.

Rau má tươi được rửa sạch, để ráo nước và đưa vào lồng chứa liệu (11). Không khí được gia nhiệt khi đi qua bộ thu nhiệt được quạt (6) đẩy vào buồng sấy (10). Khi nhiệt độ tác nhân sấy thấp hơn nhiệt độ cài đặt, bộ phận điều khiển sẽ điều khiển khởi động từ và rơle nhiệt để dây nhiệt trở điện (7) hoạt động cấp

nhiệt bổ sung cho tác nhân sấy. Khi nhiệt độ sấy cao hơn nhiệt độ cài đặt, nhiệt trở điện sẽ được ngắt, lúc này nguồn nhiệt chủ yếu cho quá trình sấy là từ năng lượng mặt trời. Nếu thời tiết không thuận lợi hoặc vào ban đêm, thiết bị sấy lai này có thể hoạt động như thiết bị sấy điện bình thường, vật liệu khô đều hơn và thời gian sấy ngắn hơn do vật liệu được đảo trộn liên tục trong quá trình sấy.

Bộ phận điều khiển (17), bên trong bao gồm aptomat, contactor, rơle nhiệt, vi điều khiển Arduino UNO R3, cảm biến nhiệt (16) và các linh kiện đi kèm. Bộ phận điều khiển có nhiệm vụ giám sát và điều khiển đóng/ngắt thanh điện trở nhiệt (7) để duy trì một nhiệt độ sấy thích hợp mà không phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời trong ngày. Thiết bị sấy này có thể sấy các sản phẩm có nhiệt độ sấy thấp 35 – 60^{o}C.

Quạt sấy và động cơ điện được cấp nguồn xoay chiều AC 220V, hoạt động liên tục trong suốt quá trình sấy. Sơ đồ hệ thống điện và lưu đồ thuật toán như hình 3.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Áp dụng phương pháp thực nghiệm để xác định độ giảm ẩm của vật liệu sấy, nhiệt độ sấy, thời gian và chi phí năng lượng trong quá trình sấy.

Ba thí nghiệm được tiến hành tại Xưởng khoa Cơ khí và Công nghệ, Đại học Nông Lâm Huế gồm: Thí nghiệm 1: cấp nhiệt chỉ từ điện năng, van (3) và van (5) đóng, van (4) mở. Thí nghiệm 2: cấp nhiệt kết hợp năng lượng mặt trời và năng lượng điện, van (3) mở, van (4) và van (5) đóng. Thí nghiệm 3: cấp nhiệt cho quá trình sấy chỉ từ năng lượng mặt trời, van (3) mở, van (4) đóng, van điện từ (5) có thể đóng/mở điều chỉnh nhiệt độ tác nhân sấy theo cường độ bức xạ mặt trời trong ngày.

2.2.2. Phương pháp xác định một số thông số chính của quá trình sấy

a. Phương pháp xác định độ ẩm của vật liệu sấy

Mẫu rau má được lấy sau mỗi 30 phút và được xác định độ ẩm trong suốt quá trình sấy sử dụng phương pháp sấy khô kiệt, sử dụng cân tiểu ly Scout Pro. và tủ sấy Memmert.

b. Phương pháp xác định thời gian sấy, mức tiêu thụ điện năng và một số thông số khác.

Thời gian sấy để vật liệu từ độ ẩm ban đầu 88% giảm xuống còn 6%, thời gian sấy được xác định qua quá trình sấy thực tế.

Sử dụng công tơ điện 1 pha điện tử để xác định mức tiêu thụ năng lượng điện. Cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ và độ ẩm không khí môi trường, nhiệt độ buồng sấy được xác định sử dụng các thiết bị như hình 4.

Hình 4. Các thiết bị đo

a) Thiết bị đo cường độ BXMT Tenmars TN-206; b) Thiết bị đo nhiệt độ ADD81; c) Thiết bị đo nhiệt độ môi trường EN100; d) Thiết bị đo nhiệt độ bề mặt Sealey VS905; e) Thiết bị đo nhiệt độ và độ ẩm môi trường EL-USB-2 RH/TEMP data logger'; f) Cân tiểu ly OHAUS Scout Pro-SP; g) Tủ sấy Memmert.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu thí nghiệm

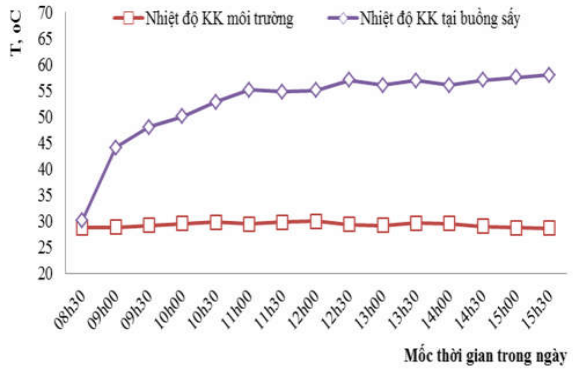
Các số liệu thu thập được lặp lại 3 lần và lấy giá trị trung bình. Kết quả trình bày trên các đồ thị được xử lý bằng phần mềm Microsoft office Excel 2013. Các yếu tố so sánh được xác lập để phân tích đánh giá chế độ sấy của từng thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thử nghiệm thiết bị sấy sử dụng năng lượng điện

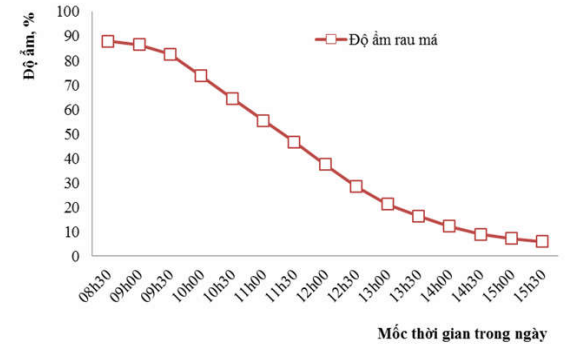
Tiến hành sấy thử nghiệm trong điều kiện chỉ dùng năng lượng điện. Nhiệt độ không khí môi trường trung bình, 29,12^{o}C, điện năng tiêu thụ cho cả quá trình sấy đo được là 14,2 kWh, áp suất buồng sấy đo được là 20 pascal. Nhiệt độ sấy cài đặt là 58^{o}C.

Kết quả thí nghiệm cho thấy, hệ thống điều khiển cấp nhiệt hoạt động tốt, cung cấp nhiệt lượng ổn định cho quá trình sấy. Nhiệt độ KK tại buồng sấy tăng nhanh trong giai đoạn đầu, nhiệt độ không khí (KK) tại buồng sấy cao nhất là 58 ^{o}C (hình 5).



Hình 5. Biến thiên nhiệt độ tại buồng sấy theo thời gian trong ngày

Kết quả cho thấy rằng, độ giảm ẩm rất chậm trong 1,5 giờ sấy đầu, sau đó giảm nhanh, sau 4,5 giờ sấy độ ẩm giảm chậm. Thời gian cần thiết để sấy 10 kg rau má tươi có độ ẩm ban đầu 87,76 % sấy đến độ ẩm cuối là 5,93 % cần 7 giờ sấy (hình 6), tốc độ sấy trung bình là 12,4%. So sánh với thí nghiệm của Mohd Zainol và cs (2009) sử dụng phương pháp sấy tĩnh khí nóng ở nhiệt độ sấy 45°C cần đến 45 giờ sấy để rau má đạt độ ẩm 4%. Thí nghiệm của Mahanom và cs (1999), cần 9 giờ với nhiệt độ sấy 50 °C và 5 giờ với nhiệt độ sấy 70 °C. Điều này cho thấy sấy có đảo trộn có thể rút ngắn thời gian sấy đáng kể.

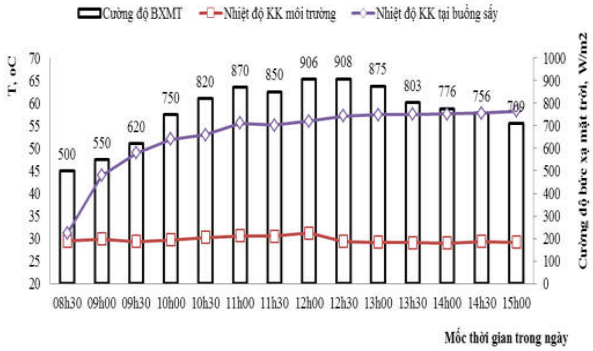


Hình 6. Đường cong giảm ẩm rau má theo thời gian khi sấy bằng NLMT và điện

3.2. Kết quả thử nghiệm với thiết bị sấy phối hợp năng lượng mặt trời (NLMT) và năng lượng điện

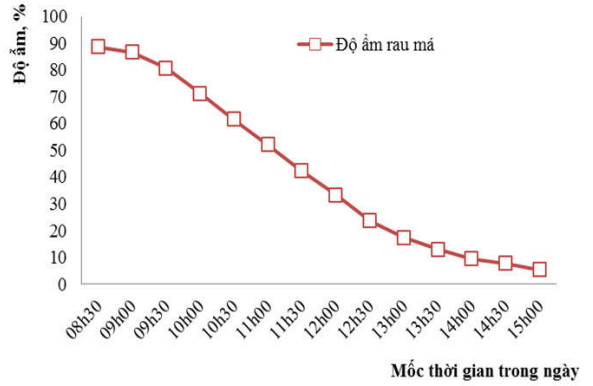
Thí nghiệm được tiến hành với nhiệt độ môi trường trung bình trong ngày 28,5 °C, cường độ bức xạ mặt trời (BXMT) trung bình 763,9 W/m2. Điện năng tiêu thụ cho cả quá trình sấy đo được là 8,1 kWh.

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng khi sấy có bổ sung nhiệt, nhiệt độ KK tại buồng sấy cao nhất là 58,3 °C trong điều kiện cường độ BXMT hiện tại (cường độ BXMT thấp khi so sánh giá trị cường độ bức xạ trung bình được thống kê bởi Dung, (2009)), xem hình 7.



Hình 7. Biến thiên nhiệt độ tại buồng sấy và cường độ BXMT theo thời gian

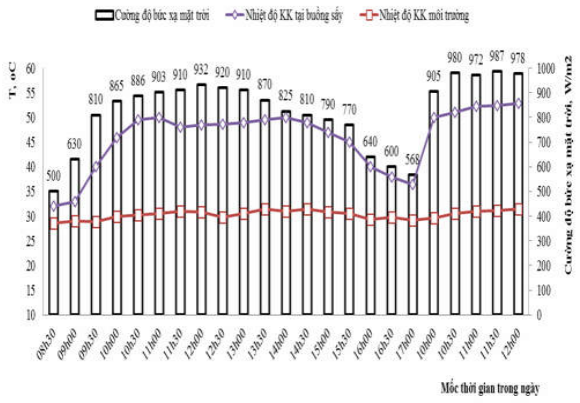
Kết quả cũng cho thấy rằng, độ giảm ẩm của rau má tương đối chậm trong 1,5 giờ sấy đầu, sau đó tăng nhanh và cũng giảm dần sau 4,5 giờ sấy (hình 8). 10 kg rau má tươi có độ ẩm ban đầu là 88, 6 % được sấy đến độ ẩm cuối 5,33 % sau 6,5 giờ sấy, tốc độ sấy trung bình đạt 13,6%. Đức và cs (2019) đã sử dụng phương pháp sấy khí nóng để sấy rau má và đã xác định với nhiệt độ sấy 45°C, cần 6,5 giờ sấy để rau má đạt độ ẩm cuối 10,2% với tốc độ sấy là 11,96 %/h, thấp hơn so với kết quả của nghiên cứu này.



Hình 8. Đường cong giảm ẩm rau má theo thời gian khi sấy phối hợp NLMT và điện

3.3. Kết quả thử nghiệm với thiết bị sấy sử dụng năng lượng mặt trời

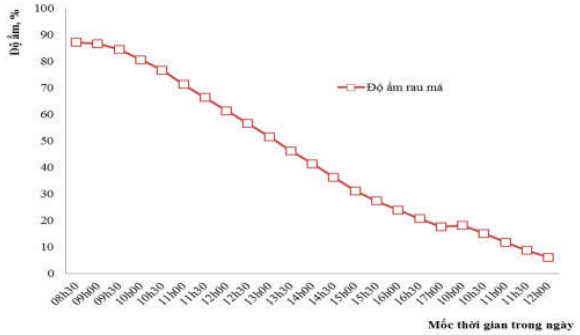
Thí nghiệm thứ ba được tiến hành trong điều kiện nhiệt độ trung bình không khí môi trường là 31,47 °C, cường độ BXMT trung bình là 815,5 W/m^2, điện năng tiêu thụ cho cả quá trình sấy đo được là 2,1 kWh.



Hình 9. Biến thiên nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời theo thời gian sấy

Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng khi sấy bằng năng lượng mặt trời, nhiệt độ KK tại buồng sấy tối đa là 52°C. Nhiệt độ KK tại buồng sấy phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời trong ngày (hình 9).

Khi sấy bằng năng lượng mặt trời, độ giảm ẩm chậm, thời gian sấy đến 10,5 giờ sấy để rau má từ độ ẩm ban đầu 87,2% đạt độ khô 6,11%, độ ẩm của rau má giảm chậm trong 2,5 giờ sấy đầu, sau đó tăng nhanh và bắt đầu giảm dần sau 7 giờ sấy, tốc độ giảm ẩm trung bình là 7,8 %/h (hình 10). Thí nghiệm của Nattapon và Keerati (2013) sử dụng hệ thống sấy hầm năng lượng mặt trời để sấy rau má từ 80% độ ẩm đến 0% cần 4 giờ sấy, thời gian sấy ngắn hơn do không giống nhau về điều kiện sấy, tuy nhiên nhiệt độ hệ thống sấy hầm này dao động từ 28 – 55 °C tương tự dải nhiệt độ 30- 52 °C của hệ thống sấy trong nghiên cứu.



Hình 10. Đường cong giảm ẩm rau má theo thời gian khi sấy bằng NLMT

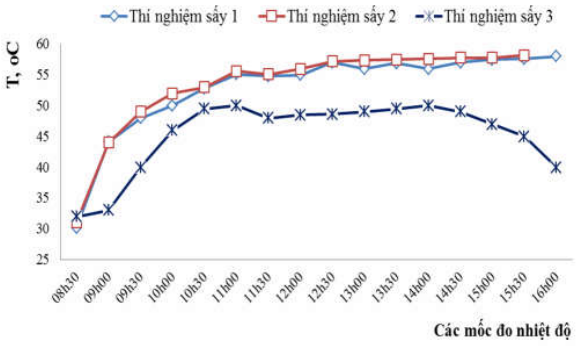
3.4. So sánh một số đặc tính giữa các phương pháp sấy thiết bị sấy

Hình 6, 8 & 10 cho thấy đường cong giảm ẩm của 03 phương pháp sấy rau má. Sấy phối hợp NLMT và năng lượng điện cho thời gian sấy ngắn nhất (6,5 giờ sấy) trong khi sấy bằng NLMT cần thời gian sấy dài hơn (đến 10,5 giờ).

Độ giảm ẩm khi sấy bằng điện, phối hợp NLMT và điện là tương tự, trong khi độ giảm ẩm khi sấy bằng NLMT khá chậm. Đối với sấy bằng năng lượng điện hoặc phối hợp NLMT và năng lượng điện, buồng sấy được duy trì nhiệt độ sấy nên độ ẩm giảm mạnh qua các mốc thời gian. Đối với sấy bằng năng lượng mặt trời, cần được chú ý để đảm bảo chất lượng vật sấy do phụ thuộc vào cường độ BXMT trong ngày nên có thể thời gian sấy dài hơn khi cường độ BXMT thấp, hoặc ngược lại khi cường độ BXMT quá lớn dẫn đến nhiệt độ tác nhân sấy quá cao thì cần phải được hoà khí để giảm nhiệt độ tác nhân sấy bằng phương pháp lấy khí trời sử dụng hệ thống tự động đóng mở van điện từ như hình 2 & 3.

Lượng tiêu thụ điện năng của ba thí nghiệm sấy có sự khác nhau rõ rệt, cụ thể: ở thí nghiệm sấy bằng năng lượng điện tiêu hao điện năng là 14,2 kWh; thí nghiệm sấy sử dụng phối hợp NLMT và năng lượng điện cần tiêu thụ năng lượng điện 8,1 kWh, trong khi thí nghiệm sấy chỉ sử dụng NLMT chỉ tiêu thụ lượng điện là 2,1 kWh. Điều này cho thấy rằng, sử dụng hệ thống sấy lai phối hợp NLMT và năng lượng điện có thể giảm lượng tiêu thụ điện đáng kể (43%) so với sấy điện mà cho chất lượng và thời gian sấy như nhau, như kết luận của Shaikh và Kolekar (2015), thiết bị sấy lai có thể tiết kiệm đến 12,5% năng lượng tiêu thụ, mức tiêu thụ điện năng còn tuỳ thuộc vào điều kiện nắng trong ngày.

Với thí nghiệm sấy chỉ sử dụng NLMT có thể tiết kiệm đến 85% năng lượng điện, tuy nhiên thời gian sấy dài hơn và nhiệt độ sấy phụ thuộc vào cường độ nắng trong ngày.



Hình 11. So sánh nhiệt độ KK tại buồng sấy với các thí nghiệm sấy

Hình 11 cho thấy nhiệt độ KK tại buồng sấy giữa sấy điện và sấy phối hợp NLMT và năng lượng điện là tương đương và luôn cao hơn khi sấy bằng NLMT. Điều này chỉ ra ưu thế của thiết bị sấy phối hợp NLMT và điện, cho phép duy trì nhiệt độ sấy thích hợp khi thời tiết không thuận lợi và giảm được chi phí điện năng, nhiệt độ cao nhất trong buồng sấy là 58 °C (tùy theo cài đặt). Chế độ sấy này cũng gần với nghiên cứu của Yahya (2012) cho rằng chất lượng của rau má sau khi sấy đảm bảo khi nhiệt độ sấy thấp hơn 55 °C, và nhiệt độ này phù hợp với các thiết bị sấy năng lượng mặt trời để sấy rau má và một số thảo dược khác.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống thiết bị sấy lai phối hợp năng lượng mặt trời và năng lượng điện bán tự động đã được thiết kế, lắp đặt và thử nghiệm sấy rau má tươi từ độ ẩm 88% đến độ ẩm 6%. Một số kết quả bước đầu như sau:

- Thiết bị sấy vận hành tốt, nhiệt độ sấy ổn định theo cài đặt, thiết bị có thể tự động khống chế nhiệt độ sấy theo cài đặt; tự động điều chỉnh nhiệt độ tác nhân sấy trong trường hợp sấy năng lượng mặt trời khi cường độ BXMT quá lớn.

- Thiết bị có thể sử dụng ba phương pháp cấp nhiệt (điện, NLMT và năng lượng điện và NLMT), phối hợp đóng mở các van nên sẽ có ba sự lựa chọn phù hợp cho từng đặc tính làm khô của vật liệu sấy, nhằm giảm chi phí sấy, cũng như tận dụng nguồn năng lượng mặt trời.

- Thiết bị sấy sử dụng NLMT kết hợp điện cho phép giảm chi phí điện năng đến 43% so với sấy điện; thời gian sấy khi sử dụng năng lượng điện và năng lượng mặt trời phối hợp điện là tương đương nhau, trong khi thiết bị sấy năng lượng mặt trời mặc dù có thể tiết kiệm điện năng đến 85% tuy nhiên thời gian sấy có thể dài, không chủ động thời tiết.

- Thiết bị sấy được chế tạo từ các vật liệu có sẵn, cấu tạo đơn giản, dễ vận hành, có thể cơ động; quá trình sấy được đảo trộn vì vậy cho độ khô đồng đều. Thiết bị có thể ứng dụng để sấy một số sản phẩm nông nghiệp khác có dải nhiệt độ sấy từ 35 - 60 °C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aminul Islam Apu M. D. (2016). Centella asiatica L.: A concise drug review with probable clinical uses, Mintage Journal of Pharmaceutical & Medical sciences, 5(1), 1-4.

2. Bala, B. K., and Debnath, N.(2012). Solar drying technology: potential and developments. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications .Vol 2. Ashdin Publishing.

3. Chauhan Y. B. and P. P. Rathod (2020). A comprehensive review of the solar dryer. International Journal of Ambient Energy. 41 (3), 348-367.

4. Dung T. Q., 2009. Photovoltaic technology and solar energy development in Viet Nam, Special Feature: Renewable Energy Technologies, 29-36.

5. Lê Anh Đức, Phạm Trường Sơn, Bùi Mạnh Tuân (2019). Nghiên cứu thực nghiệm xác định phương pháp sấy rau má (*Centella asiatica L.*), Tạp Chí Khoa Học Giáo Dục Kỹ Thuật Số 53, 35-40.

6. Emérita D.P., P.J. Juan, Q. Miguel, G. Olga, R.T. José, A. Anthony, P.A. Mirari and V.M. Borja (2019). Thermal evaluation of a hybrid dryer with solar and geothermal energy for agroindustry application. Applied. Sciences. 9, 4079.

7. Ferreiraa A.G., A.L.T. Charbelb, R.L. Piresb, J.G. Silvab, and C.B. Maia (2007). Experimental analysis of a hybrid dryer, Thermal Engineering 6(2), 3-7.

8. Hamdani, T.A. Rizal and Z. Muhammad (2018). Fabrication and testing of hybrid solar-biomass dryer for drying fish, Case Studies in Thermal Engineering, 12, 489-496.

9. Mahanom, H., AH. Azizah and M.H. Dzulkifly (1999). Effect of different drying methods on concentrations of several phytochemicals in herbal preparation of 8 medicinal plants leaves. Mal J Nutr 5:47-54.

10. Mohd Zainol, M.K., A. Abdul-Hamid, F. Abu Bakar and S. Pak Dek (2009). Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in Centella asiatica, International Food Research Journal, 16, 531-537.

11. Nguyen Phuoc Minh (2014). Effects of blanching and drying treatment on extraction of soluble components from dried Centella asiatica, International Journal of Multidisciplinary Research and Development, 1(2), 77-82.

12. Nattapon Srisittipokakun and Keerati Kirdsiri (2013). Experimental performance of a mix mode

solar dryer for drying Centella asiatica, Advanced Materials Research , 770, 80-83.

13. Phong, L.T. (2008). Renewable energy potential, status of renewable energy use for off-grid rural electrification and policy for rural electrification. Presentation at the Rural renewable energy week. MOIT.

14. Shaikh T.B. and A.B. Kolekar (2015). Review of hybrid solar dryers. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, 2 (8), 1-7.

15. Sukanya Jansuna, Lalita Charoensup, Yaowapha Jirakiattikul and Bhornchai Harakotr (2020). Effects of drying temperatures and times on antioxidant contents and their activities of Centella asiatica (L.) Urb. leaves, Thai Science and Technology Journal (TSTJ), 28 (12), 2101-2112.

16. Yahya M. (2012). Effect of air drying temperatures on the quality of Centella asiatica L. dried products, Jurnal Teknik Mesin, 1 (2), 15-23.

EVALUATION OF ENERGY CONSUMPTION AND DRYING TIME IN A DRUM DRYER USING A COMBINATION OF SOLAR AND ELECTRIC ENERGY

Do Minh Cuong[1,*], Le Van Quoc[1], Nguyen Van Lieu[1]

[1]Department of Mechanical Engineering, University of Agriculture and Forestry, Hue Unversity, Vietnam

Summary

In this paper, a prototype of a semi-active hybrid solar dryer was developed to evaluate energy consumption and drying time in different drying mode. The dryer system can control the drying temperature during drying process. The dryer system was tested in different heating energy source to dry fresh Centella asiatica. The result show that the drying time and power consumption for drying fresh Centella asiatica from 88% to 6% MC when heating by electric energy, solar- electric energy and solar energy only is 7.0, 6.5 and 10.5 hours; 14.2, 8.1 and 2.1 kWh, respectively. The hibrid solar drying system allows to reduce electricity consumption by up to 43% compared to drying with electric energy. While solar drying requires longer drying time, but electricity consumption of 15% compared to drying with electric energy. This result demonstrates the advantage of the semi-automatic hybrid solar drying equipment, such as the user's choice to dry a variety of agricultural products with suitable drying temperature and time to ensure economy and quality in the conditions of high hours of sunshine like in Central Vietnam.

Keywords: *Solar dryer, Centella asiatica, Hybrid solar dryer, arduino, Dryer.*

Người phản biện: PGS. TS. Trần Như Khuyên
Ngày nhận bài: 16/4/2021
Ngày thông qua phản biện: 18/5/2021
Ngày duyệt đăng: 25/5/2021